



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Jimi Lammi

# Häiriöseurantamenetelmien lisääminen ja optimointi automaattisahoissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

2.5.2019

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Jimi Lammi Häiriöseurantamenetelmien lisääminen ja optimointi automaattisahoissa  31 sivua 2.5.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Konetekniikka
Ammatillinen pääaine	Koneautomaatio
Ohjaajat	Logistiikkajohtaja Marko Lyytinen Lehtori Heikki Paavilainen Lehtori Antti Liljaniemi
<p>Tässä insinöörityössä tutkittiin olemassaolevia häiriöseurantamenetelmiä teräspalvelukeskuksen automaattisahoissa. Työn tavoitteena oli paikantaa häiriöseurannan ongelmakohtia ja luoda niille vaihtoehtoisia ratkaisuja.</p> <p>Työssä hyödynnettiin TPM-ideologiaa osana kokonaisvaltaista työympäristön ja tehokkuuden parantamista.</p> <p>Tarkasteluun otettiin kaksi sahaa, joiden häiriöt eivät piirtyneet kunnolla Machine Track -ohjelmaan. Työ aloitettiin tarkastelemalla sahojen vikaloikeja ja vertailemalla niitä ohjelmasta saatuihin virheilmoituksiin. Virheilmoitukset ja tilatiedot eivät täsmänneet sahojen oikean tilan kanssa johtuen epäedullisista signaalivalinnoista. Työtä rajattiin ajan ja resurssien puitteissa kuitenkin siten, että vanhempi saha jätettiin tarkastelun ulkopuolelle.</p> <p>Uudemman sahan tarkastelussa huomattiin, että pelkästään valomajakasta saatu tieto ei ole riittävän luotettava kuvaamaan sahan oikeaa tilaa joka tilanteessa. Tarkasteltaessa asetuskansioita huomattiin signaalien muodostuvan vain kahdesta tulosta. Tietojen pohjalta kehitettiin vaihtoehtoisia ratkaisuja, jotka on otettava huomioon tulevaisuudessa.</p> <p>Työ ei aiheuttanut seisauksia tuotannossa, vaan kaikki tutkimustyö tehtiin laitteiden ollessa käynnissä. Kuitenkin mahdollisille asennuksille laadittiin riskiarvio ja varautumissuunnitelma tuotannon suhteen. Työssä kehitettiin uusi malli, jota voidaan hyödyntää tulevaisuuden sahainvestoinneissa.</p>	
Avainsanat	Häiriöseuranta, lean, optimointi, TPM, kunnossapito

Author Title	Jimi Lammi Increasing and Optimizing Failure Tracking Methods in Auto- mated Sawing
Number of Pages Date	31 pages 2 May 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Professional Major	Machine Automation
Instructors	Marko Lyytinen, Head of Logistics Heikki Paavilainen, Senior Lecturer Antti Liljaniemi, Senior Lecturer
<p>This thesis examines the improvement and optimization of failure tracking methods in automated manufacturing units. The goals of this project are to discover current tracking methods and principles and create alternative solutions for the existing methods.</p> <p>The utilization of TPM is highly present in this thesis. Improving tracking methods serves a purpose as a section in the whole Total Productive Maintenance.</p> <p>There were two band saws under the wider inspection. The main issue was the inability of MachineTrack – software to display errors correctly. Investigation started by reading the failure log files from the user interface and comparing them to the files received from the MachineTrack. Failures did not match as predicted due to insufficient and inaccurate signal inputs. The focus of the project was then limited and targeted to the newer band saw.</p> <p>In the further inspection it was noted that the information given from the signal light was not reliable enough and needed adjustment. It was seen from the configuration file that the inputs consisted only of two signals. Based on this information, improvements were introduced which took the future needs into account.</p> <p>During the course of this thesis there was no need for a stop or downtime in the production line. All the investigation and data gathering could be done while the machines were fully operational. However, risk analysis and anticipation for the possible events had to be carried out. As a result, a model for better failure tracking was achieved.</p>	
Keywords	Failure tracking, optimizing, TPM, lean, maintenance

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Työn tavoitteet	1
2	Tuottavuuden tehostaminen	2
2.1	Tuottavuus yrityksissä	2
2.2	Tuottavuuden mittaaminen Polarputkella	2
2.3	Yleistä TPM:stä	4
2.4	Kaizen-tapahtuma	5
2.5	Käytettävyys	6
3	Polarputki Oy	7
4	Järjestelmät ja laitteet	11
4.1	Festo FC440	11
4.1.1	Digitaalinen signaali	11
4.1.2	Analoginen signaali	11
4.2	Valmiit tietojärjestelmät	13
4.2.1	ARROW Machine Track	14
4.2.2	Power BI	15
4.3	Kerättävä data	15
4.3.1	HBA-660AU	16
4.3.2	HBM-440A	18
5	Vaihtoehtojen tarkastelu ja valinta	23
5.1	Seurantamenetelmien läpikäynti	23
5.2	Kohdennettu seuranta	23
5.3	Suora sanomaliikenne	24
5.4	Sahaajan ilmoitus	24
5.5	Vaihtoehtojen valinta	26

6	Käyttöönotto	26
6.1	Käyttöönottoon valmistautuminen	26
6.2	Käyttöönottoon liittyvät riskit	26
6.3	Käyttöönoton vaiheet	27
7	Huomioitavat tarpeet tulevissa sahainvestoinneissa	28
8	Yhteenveto ja päätelmät	30
	Lähteet	31

## Lyhenteet

AI	<i>Artificial Intelligence</i>	tekoäly
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>	toiminnanohjausjärjestelmä
I/O	<i>Input/Output</i>	tulot ja lähdöt
Mtrack	<i>ARROW Machine Track</i>	ohjelmisto sahan tilaseurantaan
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>	ohjelmoitava logiikka
Power BI	<i>Power Business Intelligence</i>	ohjelmisto, datan visualisointiin
Valoverho	Turvaraja laitteen/koneen ympärillä, joka pysäyttää laitteen valosignaalin katketessa	

# 1 Johdanto

## 1.1 Työn tausta

Nykypäivänä yrityksissä korostuu entistä enemmän automaation, relevantin tiedon ja tuotannon maksimoinnin tärkeys. Varsinkin tuotantolaitoksissa, joissa koneet tekevät tuotteita sarjatuotantona, täytyy miettiä tarkasti koneen jokainen vaihe. Koneen tulee olla optimaalinen sen jokaisessa vaiheessa prioriteettina tuoton, tehokas tuotanto. Laite ja sen liikkeet tulee suunnitella siten, että työvaiheet eivät joudu odottamaan toinen toistaan.

Ensiarvoisen tärkeäksi muodostuu myös tieto tuotannosta ja sen vaiheista, mitä tapahtuu milläkin hetkellä ja kuinka kauan siinä kestää. Yritykset pyrkivät ottamaan irti kaiken tehon, mitä senhetkellä kalustolla on antaa. Eri sovellukset ja ohjelmistot ovat siinä hyvä apu, koska hyödyllistä tietoa keräämällä ja analysoimalla voidaan saada suuri lisä tuottavuuteen.

## 1.2 Työn tavoitteet

Tämä insinöörityö on tehty Polarputki Oy:lle. Työn aiheena oli häiriöseurantamenetelmien lisääminen ja käyttöönotto teräspalvelukeskuksessa. Tavoitteena oli parantaa teollisuussahojen tila- ja häiriöseurantaa. Nykyinen häiriöseuranta oli puutteellista sen vuoksi, että sahoilta ei saatu riittävästi hyödynnettävää tietoa ulos. Lisäksi tärkeänä tavoitteena oli tutustua vallitseviin järjestelmiin ja siihen, miten ne on integroitu teräspalvelukeskukseen.

Työ koostuu kahdesta vaiheesta: sahojen tämänhetkisen tilan tarkastelusta ja muutosprosessista. Työssä tutkitaan lähtökohtaisesti sitä, miksi nykyinen häiriöseuranta on riittämätön ja miten sitä voisi parantaa. Virheilmoitusten analysoinnin pohjalta luodaan suunnitelma uudesta tavasta identifioida virheet, minkä jälkeen luodaan ehdotukset ja ratkaisut.

## 2 Tuottavuuden tehostaminen

### 2.1 Tuottavuus yrityksissä

Yritykset ovat aina pyrkineet tehostamaan tuottavuuttaan ja hiomaan sen täydellisyyksiin. Tuottavuutta parantavia tekijöitä on lukuisia, mutta täydelliseen lopputulokseen ei tunnuta koskaan päästävän. Tämä johtuu muun muassa siitä, että monesti ei edes tiedetä, mitä tuottavuus oikeasti tarkoittaa. Tuottavuus voidaan määritellä niiden eri resurssien soveltamiseksi yrityksessä, joiden avulla saavutetaan haluttu lopputulos. Tuottavuuden määrää lopputuloksen suhde systeemiin syötettyihin resursseihin nähden. [1.] Tuottavuuden tehostamisen taustalla on tässä työssä vikatiilojen diagnosointi ja niiden hyödyntäminen ennakoivassa kunnossapidossa.

### 2.2 Tuottavuuden mittaaminen Polarputkella

Tehokas tuotantolaitos:

- Ei ole odottamattomia seisokkeja eikä laitevikoja.
- Lyhyet, hyvin suunnitellut huoltoseisokit.
- Koneet toimivat jatkuvasti huipputeholla ja optimaalisella prosessitehokkuudella.
- Koneet tuottavat asiakkaan määrittelemää laatua.
- Kilpailukykyiset kunnossapitokustannukset.
- Turvallinen työympäristö.

Tuottavuuden laskennassa käytetään apuna käytettävyyttä, jota avataan tarkemmin ja teoreettisemmin kappaleessa 4.



Yksi hyvä tuottavuuden mittauskeino on KNL-laskenta (Käytettävyys \* Nopeus \* Laatu). Laskenta tapahtuu näiden kolmen muuttujan avulla, joista jokainen johdetaan eri tavalla.

$$\text{Käytettävyys} = \frac{\text{Suunniteltu työaika} - \text{seisokkiaika}(\text{laiteviat} + \text{häiriöt} + \text{huoltoajat})}{\text{Suunniteltu työaika}}$$

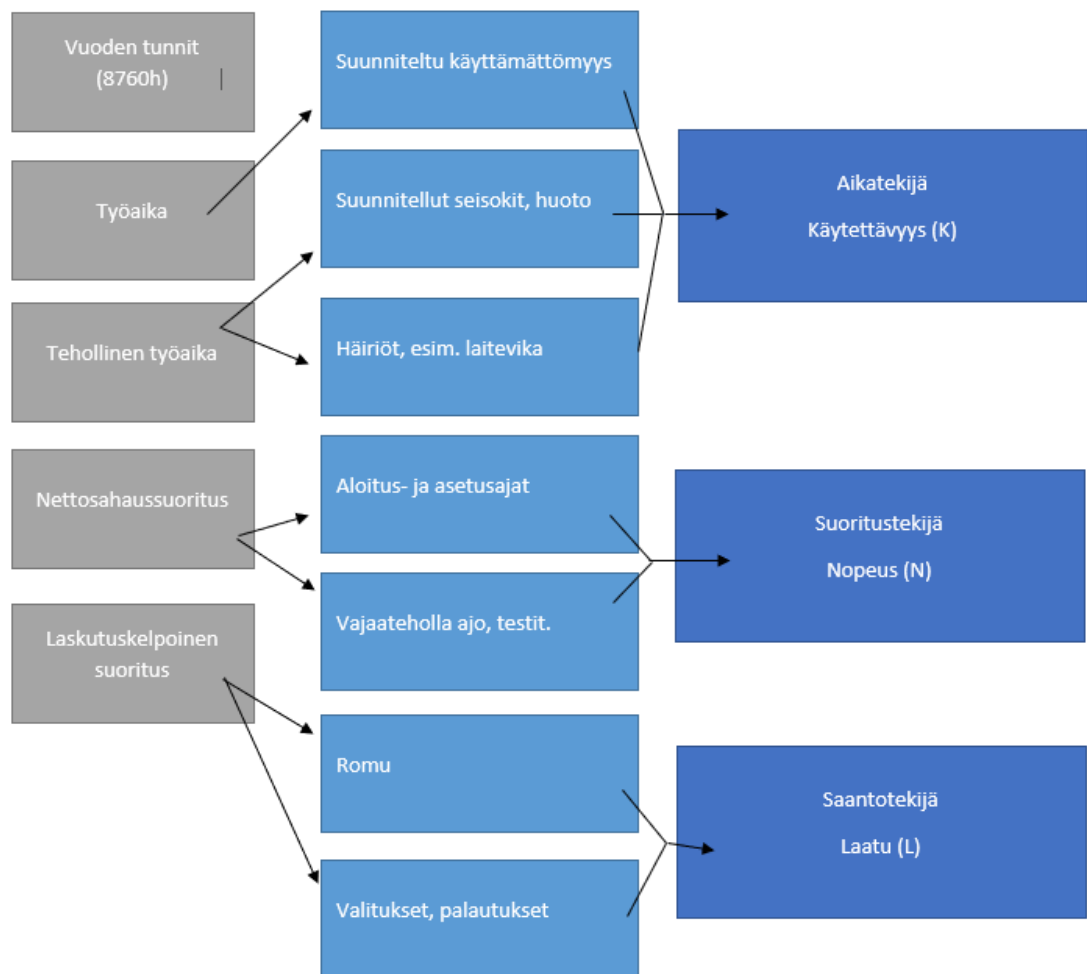
$$\text{Laatu} = \frac{\text{Sahausromu} (\text{romutetut pätkät, puru, väärin sahatut tuotteet})}{\text{Tuotetut tonnit} + \text{sahausromu}}$$

$$\text{Nopeus} = \frac{\text{Tehtyjen tilausrivien suunniteltu työaika}}{\text{Keltainen ja vihreä palkki Machine Trackista}}$$

KNL lasketaan sahakohtaisesti. Microsoft Dynamics AX (Axapta) ERP- työkalun sahaussuunnittelu laskee annettujen parametrien perusteella sahaustilausten kunkin tilausrivin suunnitellun työajan (=asetusaika + kappaleaika + leikkaava aika), minkä jälkeen Mtrack laskee toteutunutta sahan käyttöaikaa. Seuraavaksi järjestelmien tiedot yhdistetään.

Aikamäärittely Mtrackiin on seuraava: Miehitetty aika eli arkipäivinä aamu- ja iltavuoro on suunniteltua työaikaa. Yöajasta 4,5 tuntia on suunniteltua työaikaa ja 4,5 tuntia suunniteltua seisonta-aikaa. Viikonloput lauantaista kello 01:30 – maanantaihin kello 06:00 on suunniteltua seisonta-aikaa. Jos jokin saha on miehitettynä yöllä tai viikonloppuna, kyseessä oleva miehitetty aika muutetaan suunnitelluksi työajaksi. Kokonaistehokkuus yhdelle sahalle saadaan siis näiden kolmen määritelmän tulona (K\*N\*L). [2.]

Kuva 1 selittää KNL-laskentaan kuuluvien tekijöiden määrittymistä.



Kuva 1. KNL-kaava [2]

### 2.3 Yleistä TPM:stä

*Total Productive Maintenance* (TPM) tarkoittaa tuottavaa kunnossapitoa. Kunnossapidon peruseriaatteena on pitää laitteet siinä kunnossa, että ne pystyvät vastaamaan niille annetuista tehtävistä vuorokauden ympäri vuoden jokaisena päivänä. Energiakustannusten lisäksi, huoltokustannukset ovat ja voivat olla suurimpia osia yritysten budjeteissa. Näin ollen ajoitettu, suunniteltu huolto- ja kunnossapitoväli minimoi suuria laiterikkoja, joiden korjaamiseen menee suuria määriä aikaa ja rahaa. Ajoitetut huollot lisäävät laitteiden luotettavuutta ja elinikää.

Pysyäkseen kilpailukykyisinä, yritysten on jatkuvasti vietävä tuotantomenetelmiään tehokkaampaan ja tuottavampaan suuntaan. Tuotantolaitosten tehokkuuden ylläpitämiseen vaatima laitteiston toimintakyky on noussut yhdeksi tärkeimmäksi elementiksi. Siksi onkin ensiarvoisen tärkeää suunnitella laitteiden huollot etukäteen ennen kuin laitteet rikkoutuvat. Tähän tarpeeseen vastataan TPM:llä, mikä on kunnossapidon työkalu ja menetelmä, jolla saavutetaan sitä käyttävissä yrityksissä vähäinen tai lähes olematon laitteiston rikkoutuminen ja seisokkiaika, mikä puolestaan lisää tuottavuutta ja tuottoa. Konetta käyttävän operaattorin turvallisuus on tärkeintä ja sitä parannetaan laitteiston oikealla käytöllä ja säännöllisillä huolloilla. [3.]

Onnistuneeseen TPM:n implementointiin päästään tehokkaimmin koko työorganisaation aktiivisen osallistumisen, vertailukehittämisen, strategisen suunnittelun ja työntekijöiden hallitsemisen kautta. Tunnettuja tuotannon tehostamiseen tarkoitettuja työkaluja ja metodeja on useita, esimerkiksi TQM (*Total Quality management*) eli laadunhallinta, japanilainen "Six Sigma" eli 6S, ja *Lean*-ajattelutapa. Niiden kaikkien käyttäminen ja yhdistäminen tehokkaaksi kokonaisuudeksi on hankalaa ja hieman epäselvää vielä tänäkin päivänä johtuen tietyistä ristiriitaisuuksista ja eri peruseräkkeistä. Jokaisella tavalla on omat vahvuutensa ja heikkoutensa, joten useamman käyttäminen yhtäikaa on ollut ongelmallista. [4.]

## 2.4 Kaizen-tapahtuma

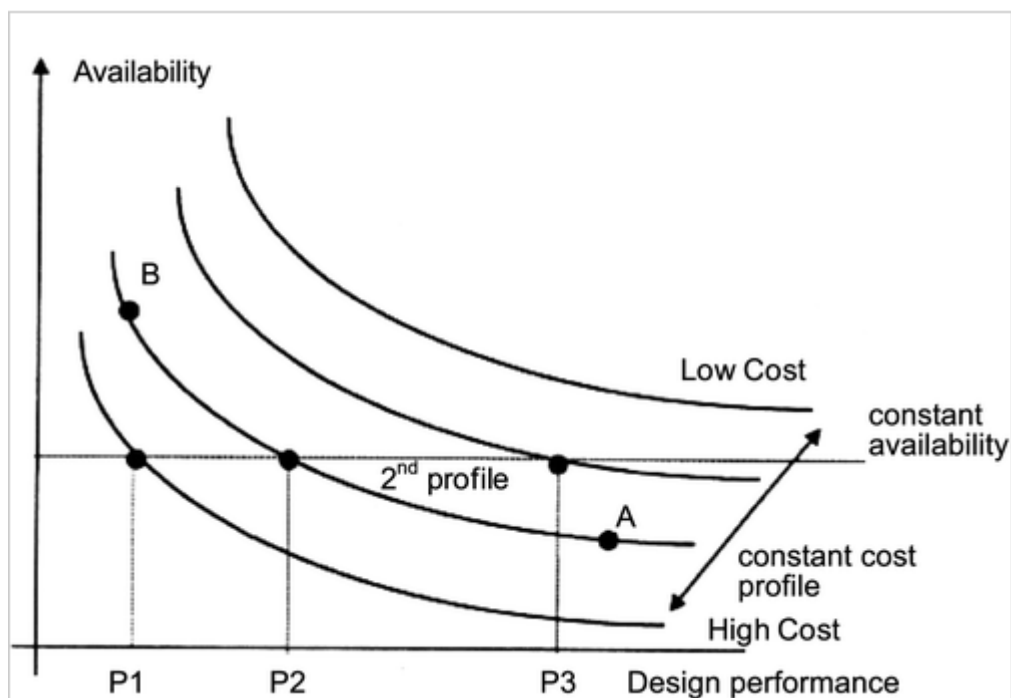
Kaizen tarkoittaa jatkuvaa työprosessin parantamista. Se on *Lean*-ajattelutavan työkalu, jonka peruseräkkeenä on poistaa sellaiset vaiheet ja tapahtumat työnteossa, joilla ei ole mitään lisäarvoa tai tarkoitusta asiakkaan, saati oman toiminnan kannalta. Kaizen-tapahtuma on todistetusti toimiva malli muuttamaan työskulttuuria, -prosessia ja -kokemusta. Kaizen koostuu kahdesta osasta: Kai (muutos) ja Zen (kohti parempaa). Kaizenin on sanottu olevan parempi ratkaisu hitaasti kasvavaan talouteen, kun taas innovaatiopohjainen ajattelumalli sopisi nopeasti kasvavaan talouteen. Kaizeniin kuuluu pieniä parannuksia jatkuvalla syötöllä tarkoittaen jokaista pientäkin tekoa ja toimintaa, jotka sellaisenaan parantavat käynnissä olevaa prosessia. Sen tavoite on koota tavalliset työntekijät, johtajat ja omistajat samalle kartalle yhteisten tavoitteiden linjaamiseksi ja niiden toteuttamiseksi. [5.]

## 2.5 Käytettävyys

Tässä työssä käytettävyydellä tarkoitetaan jonkin järjestelmän toiminnallista käyttöaikaa valitulla ajanjaksolla. Käytettävyyttä ei tule sekoittaa käyttäjäkokemuksen parantamista tarkoittavaan määritelmään. Tästä syystä termiä käytettävyys on alettu välttämään monissa yrityksissä ja alettu sen sijaan puhumaan aikakäytettävyydestä. [6.] Käytettävyys voidaan laskea laitteen eliniän ja laitteen vian korjaamiseen käytetyn kokonaisajan suhteena. Elinikää edustaa *mean time to fail* (MTTF), joka saadaan häiriöanalyysistä. *Mean time to repair* (MTTR) arvioidaan kunnossapito/huoltoanalyysistä ja se edustaa yhtälössä korjaamiseen käytettyä kokonaisaikaa. [6.]

$$\text{Käytettävyys} = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR}$$

Käytettävyyden, hinnan ja suunnitellun toimivuuden välillä on selkeä yhteys, jota havainnollistaa kuva 2.



Kuva 2. Käytettävyys suunnitellun toimivuuden muuttujana [6]

Kuvasta 2 huomataan, että käytettävyys laskee, kun tehokkuus ja kustannukset nousevat. Toinen profiili antaa järkevän ratkaisun näyttäen keskiarvot käytettävyyden, kustannusten ja tehokkuuden välillä. Kuvan 2 tapauksessa MTTF on kääntäen verrannollinen häiriöilmentymiin. [6.]

### 3 Polarputki Oy

Polarputki Oy on toiminut Suomessa jo vuodesta 1973. Sen omistaa Thyssenkrupp Materials Services GmbH (50 %) ja Helens Rör AB (50 %). Yrityksen organisaatioon kuuluu 57 työntekijää ja sen liikevaihto vuonna 2018 oli 44 miljoonaa euroa. Yritys myy sahattuja terästuotteita suomalaiselle konepaja- ja telakkateollisuudelle.

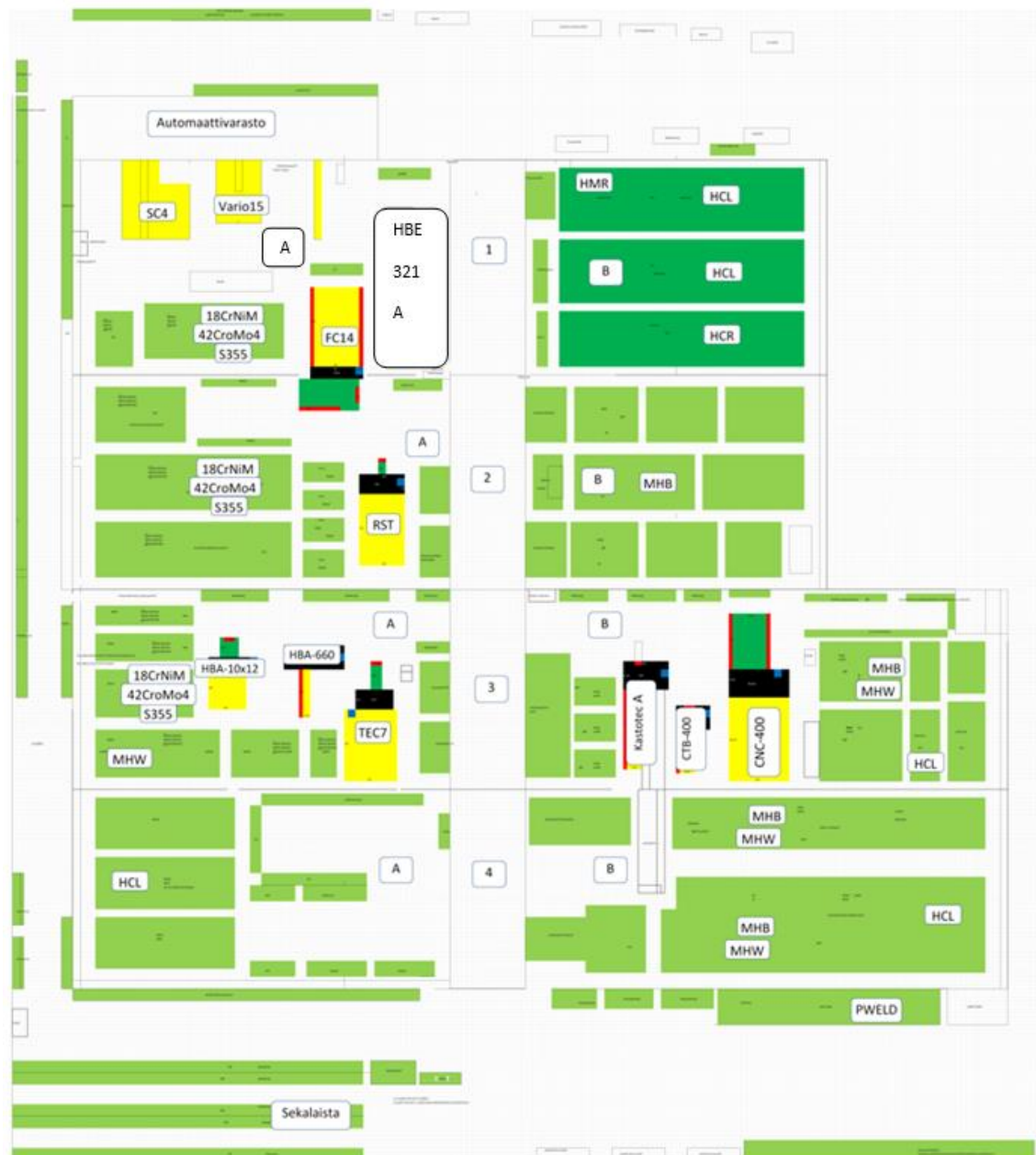
Polarputki Oy:n teräspalvelukeskus sijaitsee Vantaalla, jossa tapahtuu tuotteiden valmistus. Teräspalvelukeskukselle tuleva tavara vastaanotetaan, käsitellään ja toimitetaan asiakkaalle. Yrityksellä on myös valmisvarasto, johon sahataan valmiita tuotteita jatkotoimitukseen.

Tuotanto koostuu pääosin sahatusta tavarasta (noin 90 %), mutta myös suoraan toimitetuista, käsittelemättömistä tuotteista (noin 10 %). Yrityksellä on hyvin laaja tuotevalikoima (5 mm - 1055 mm), joka koostuu suurimmilta osin (noin 60 %) ainesputkista, saumattomista teräsputkista ja pyöröteräksistä, loput hydraulikkatuotteista ja ruostumattomista teräksistä. Raaka-aine tilataan suurimmilta osin omistusyhtiöiden varastosta, mutta osa tulee myös muualta Euroopasta sekä idästä esimerkiksi Venäjältä.

Tuotantolaitoksen sahat on jaettu neljään pääosaan:

1. automaattivarastosahat
2. hydraulikkatuotteiden sahat
3. putkisahat
4. isot sahat.

Lisäksi halli on jaettu neljään osastoon, joissa kullakin on A- ja B-puoli.

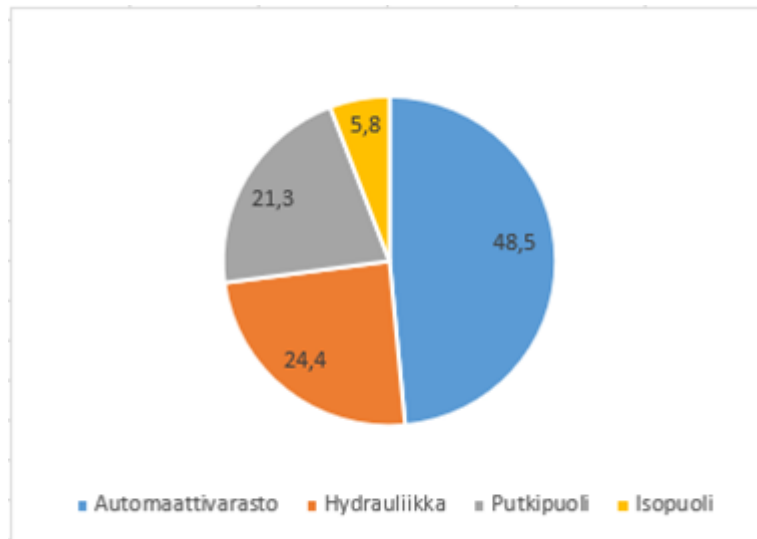


Kuva 3. Teräspalvelukeskuksen layout [7]

Kuva 3 näyttää hallin numerojaon ylhäältä alas ja kunkin numeron osajaon kirjaimin A ja B. Esimerkiksi vasemmalla ylhäällä on 1A-halli, oikealla ylhäällä 1B ja niin edelleen. Kuvassa nähdään sekä sahojen, että materiaalien sijoituspaikat. Nykyisellä ratkaisulla

on pyritty minimoimaan risteävä materiaalivirta ja sijoittamaan sahattavat nimikkeet siten, että ne ovat lähellä niitä sahoja, missä niitä katkotaan.

Teräspalvelukeskuksen sahattujen kappaleiden osuudet muodostuvat eri ryhmistä, joista suurin osuus menee automaattivaraston puolelle (kuva 4).



**Kuva 4. Osuudet sahatuista kappaleista v. 2018**

Osuuksien erot johtuvat siitä, että automaattivarasto mahdollistaa suurten sarjojen tekemisen automaattisella tavaran syötöllä, lajittelulla ja poistolla. Sahat voidaan esimerkiksi jättää yöksi tekemään pitkää sarjaa pitkälläkin katkopituudella varastoinnin ja syötön tehokkuuden vuoksi. Sahauksen jälkeen kappaleet lajitellaan automaattisesti joko 20-paikkaiseen karusellivarastoon manipulaattorin ja lavahissin avulla (SC4-sahalla), tai robotilla täytettävään 8-paikkaiseen häkkiin (C15-sahalla).



## 4 Järjestelmät ja laitteet

### 4.1 Festo FC440

Käytössä olevat PLC:t ovat Feston FC440 mini-kontrollereita. Kontrolleri on jo yli kymmenen vuotta vanha, mutta on palvellut vielä sitäkin vanhempia sahoja jälkiasennettuna asianmukaisesti. Logiikassa on optiona käytössä ainoastaan 16 digitaalista tuloa ja 8 lähtöä.

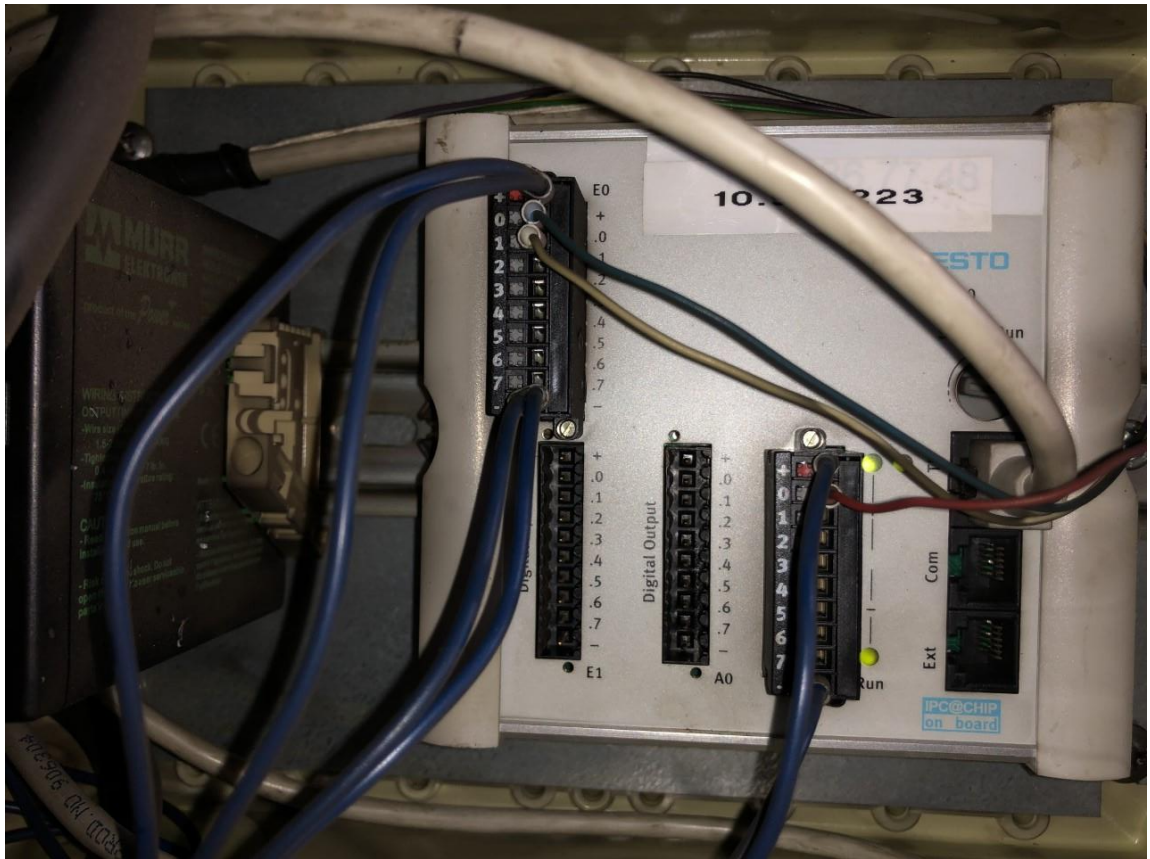
#### 4.1.1 Digitaalinen signaali

Digitaaliset I/O:t toimivat binäärisesti, eli välittävät tietoa on/off-tyylisesti, mutta konekielellä 1 ja 0. Valokatkaisija, joka on joko päällä tai pois päältä on digitaalisen tulon ja lähdön esimerkki. Digitaalisia signaaleja ei voida hienosäätää vaan ne ovat porrasmaisia. Digitaalisia signaaleja hyödynnetään esimerkiksi jännitteenä: 0 V ja 5 V. Nuo ala- ja ylärajat toimivat tiloina 1 ja 0. Kaikki jännitteet 0 ja 5 V:n välillä tulkitaan virhetilaksi. Oskilloskoopilla tarkasteltuna digitaalinen signaali ei ole aaltomainen vaan kulmikas.

#### 4.1.2 Analoginen signaali

Analogiset I/O:t ovat kuten auton kaasupoljin tai valon himmennin. Niitä voidaan säätää. Analoginen arvo tulee ohjaimen kautta, ja sen suuruus riippuu säätimen asennosta. Oskilloskoopissa muuttuva analoginen signaali on aaltomainen.

Kuvassa 5 on Feston kontrolleri, jossa ovat vasemmalla päällekkäin digitaaliset tulot (E0 ja E1). Seuraavana ovat digitaaliset lähdöt ja sen vieressä virtalähteen liitynnät ja oikeanpuolimmaisena sarjaliitynnät. Logiikat ovat liitettynä talon verkkoon Ethernet-kaapelilla.



Kuva 5. Festo FC440:n ohjelmoitava logiikka

Suoran sanomaliikenteen puuttuessa voitaisiin ottaa niin monta erillistä signaalia eri sahan antureilta kuin PLC:ssä on paikkoja. Tässä tapauksessa paikkoja on 16. Käytössä olevilla Feston FC440 logiikkaohjaimilla voidaan lukea 16 eri signaalia ja ohjata 8 eri ulostuloa. Tällä hetkellä sahan ja Mtrackin kommunikointi on hoidettu valomajakasta saaduista tiedoista. Ongelmana tällä sahalla on se, että tuotannon tila näkyy vääränlaisena aika ajoin. "Odotus"-tila ei toimi toivotulla tavalla, vaan sahan odottaessa Mtrack piirtää vihreää.

Kuvasta 6 nähdään kolme eri tilaa. PLC:lle on kytketty majakasta kaksi johtoa, joista toinen on "Tuotantoa" ja toinen on "Häiriötä" vastaava tulo. Muussa tapauksessa saha on "Odotus"-tilassa. Tämä malli olisi käytössä jatkossakin, mutta eri kytkennöillä.

```
[MACHINE6]
Name=HBM-440A
Dir=c:\arrow\mtrack2013\logs\HBM-440A\
IP=10.9.1.223
Counters=0
States=3
WaitDelay=60
```

```
[MACHINE6COUNTERS]
```

```
Counter1Bit=1
Counter1IDNbr=1
Counter1OnTime=40
Counter1Write=ON
```

```
[MACHINE6BITS]
```

```
StateName1=Tuotanto
StateCode1=A0000;;
'inputit
State1Bits=1000000000000000
```

```
StateName2=Häiriö
StateCode2=E0000;;
'inputit
State2Bits=0100000000000000
```

```
StateName3=Odetus
StateCode3=W0000;;
'inputit
State2Bits=0000000000000000
```

```
*****
```

Kuva 6. HBM-440A:n konfiguraatitiedosto

## 4.2 Valmiit tietojärjestelmät

Lähtökohdat sahausdatan keräämiseen olivat erinomaiset. Yrityksen monipuolinen ohjelmistotarjonta takaa seurattavuuden niin menneestä ajasta kuin nykyhetkestäkin.

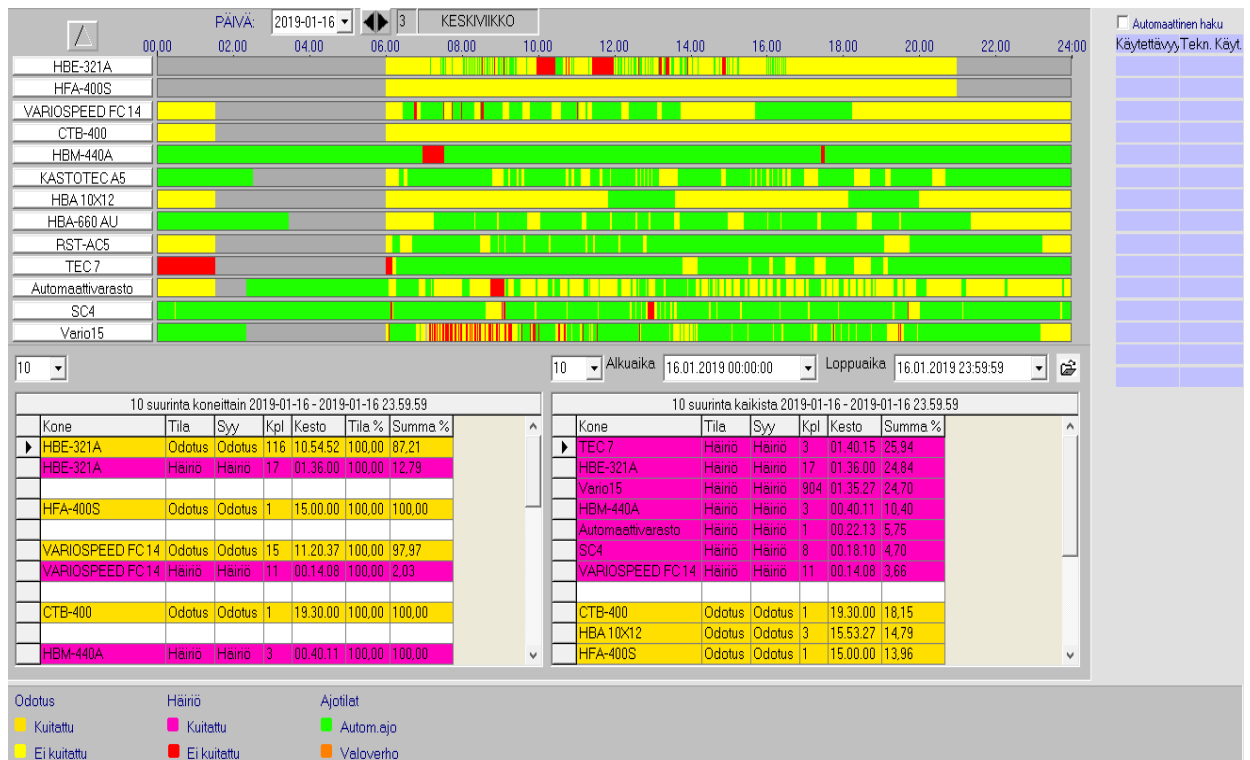
Lisäksi manuaalinen tiedonkeruu, jota on tehty pitkän aikaa, on dokumentoitu tarkasti. Näitä valmiita tietoja ja resursseja hyödyntäen pystyttiin aloittamaan halutun uuden datan kerääminen ja analysointi.

#### 4.2.1 ARROW Machine Track

Arrow Engineering:n Machine Track -ohjelmisto on tuotannon työkalu, jota käytetään tuottavuuden parantamiseen. Se kerää tietoa reaaliaikaisesti laitteista, tietojärjestelmistä sekä operaattoreilta. Machine Track on siis räätälöitävissä yrityksen tarpeiden mukaisesti. Polarputkella tietoa kerätään sahoista ja niiden olotiloista. Seurannasta saadaan sahan tila kolmessa eri muodossa:

1. automaattiajo
2. odottaa
3. häiriö.

Mtrack –tehdasnäytöstä voidaan hakea haluttu ajankohta tai seurata sahatilannetta reaaliajassa (kuva 7).



Kuva 7. Mtrack-tehdasnäyttö

Kuvasta havaitaan sahojen tila kolmena eri muotona. Käyttäjä voi lisätä häiriösyitä jälkikäteen, mutta tavoitteena on lisätä valmiiksi uusia häiriösyymalleja, joita luetaan sahoilta.

#### 4.2.2 Power BI

Power BI on Microsoftin datan visualisointi ja analysointi –sovellus, johon on lisätty yrityksen tietoja vuosien takaa. Siitä näkee sahausaikoja tuotenimikkeittäin, vuodessa tuotetut kappaleet, toimitustäsmällisyyden ja sahojen käyntiajat.

#### 4.3 Kerättävä data

Tiedonkeruu keskittyi kahteen sahaan: HBA-660AU ja HBM-440A. Tietoa kerättiin kahdella eri tapaa: lukemalla häiriölokeja ja kyselemällä sahaaajilta. Näin voitiin verrata lokista saatuja tietoja siihen, mitä oikeasti tapahtui. Lokin tiedot osoittautuivat tarkoiksi ja

ongelmia kuvaaviksi. Oli saatava selkeä kuva siitä, mitkä ongelmat esiintyivät useimmin ja mistä ne johtuivat.

#### 4.3.1 HBA-660AU

HBA-660AU -automaattisahan tärkeimmät ominaisuudet:

- suurteho automaattivannesaha, kovametalli
- mitta-alue (max.  $\varnothing$  660 mm)
- teräpituus 8 585 mm, leikkuunestevoitelu



Kuva 8. HBA-660:n kappalepuoli ja käyttöliittymä

HBA-660:llä sahataan pääasiassa halkaisijoiltaan 200 mm - 250 mm kokoisia tuotteita, jotka koostuvat hiiletys-, nuorrutus- ja rakenneteräksistä. Hiiletysteräksillä on hyvät ominaisuudet, kun tuotteelta vaaditaan hyvää kulumis- ja väsymiskestävyyttä sekä sitkeyttä. Käyttökohteita ovat mm. hammaspyörät ja akselit sekä erilaiset vierintäosat ja kiinnittimet.

Nuorrutuksella teräkseen saadaan korkea myötö-, murto- ja väsymislujuus. Käyttökohteita ovat mm. lujat akselit, isot jouset ja hammaspyörät.

Rakenneteräksset ovat joko seostamattomia tai niukkaseoksisia teräslaatuja, joiden hitsattavuus ja koneistettavuus ovat hyviä. Käyttökohteina ovat esimerkiksi nostolaitteiden ja kuljetuskoneiden osat sekä erilaiset akselit. [8.]

HBA-660:llä on yksi rata, johon kappaleet laitetaan ennen sahausta. Sahaaja hakee sahattavat tavarat ennakkoon mahdollisimman lähelle rullarataa, jotta säilytetään tuotannon hyvä tehokkuus (kuva 9).





Kuva 9. HBA-660:n syöttöpuoli

#### 4.3.2 HBM-440A

HBM-440A:n tärkeimpiä ominaisuuksia:

- suurteho automaattivannesaha
- mitta-alue (max.  $\varnothing$  440 mm)
- teräpituus 6 700 mm, leikkuuneste- ja sumuvoitelu
- syöttölaitteena 14 m ketjumakasiini
- automaattinen kappaleiden lajittelu





Kuva 10. HBM-440A saha ja lajittelumakasiini

HMB-440:llä sahataan pitkiä ainesputkia. Pitkän makasiinin ansiosta sahalla on optimaalista työstää talon pisimpiä tavaroita. Ainesputket lasketaan magneettinosturilla ketjumakasiinille (kuva 10), joka syöttää ne sahalle. Sahauksen jälkeen kappaleet voidaan lajitella lajittelupöydän molemmille puolille riippuen sahattavan kappaleen ominaisuuksista. Pidemmät kappaleet voidaan siirtää poistopöydälle kangen menosuunnasta katsottuna vasemmalle. Vastaavasti lyhyemmät kappaleet laitetaan kuvassa 8 näkyviin metalliastioihin. Lajittelu tapahtuu vetävän leuan ja siirtolaidan avulla. Vetävä leuka siirtää kappaleen sahan pituussuunnassa oikean astian kohdalle, minkä jälkeen siirtolaita työntää kappaleen paikalleen.

Materiaalin syöttävälle ketjumakasiinille mahtuu 7 - 12 kankea materiaalista riippuen. Sahalle annetaan materiaalitiedot ja sahauspituus, minkä jälkeen saha ottaa makasiinilta tuotteen työstöön. Makasiinin hyviä puolia on sen tehokkuus. Työntekijä voi lastata makasiinin täyteen tulevia tilauksia, mikä antaa pelivaraa muiden tehtävien hoitoon. Sahan ollessa käynnissä koko ajan minimoidaan hukka-aikaa tuotannossa.



Kuva 11. HBM-440A:n makasiini

Ketjumakasiini on joustava, nopea ja edullinen ratkaisu. Virhetilanteissa kanget on helppo siirtää esimerkiksi radalta pois käsin pyörittämällä, koska korkeita jakotappeja ei ole. Tämä lisää joustavuutta ja kunnossapidon helppoutta.

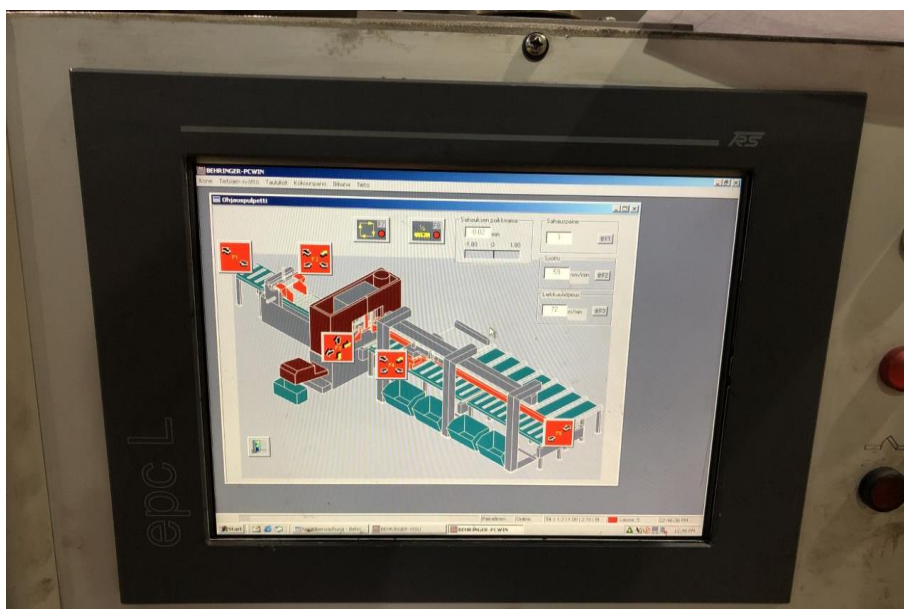
Pitkät katkot lajitellaan kuvassa 11 näkyvälle pöydälle, ja ne voidaan nostaa trukilla pakattavaksi. Lyhyemmät kappaleet (n. 20 mm - 100 mm) lajitellaan kuvasta katsottuna vasemmalle puolelle taakse niille varattuihin astioihin.





Kuva 12. HBM-440A:n Lajittelupöytä

HMB-440A:sta häiriödataa kerättiin ajalta 17.1.2019 - 7.2.2019. Häiriöt olivat luettavissa suoraan sahan käyttöpaneelista (kuva 13).



Kuva 13. HBM-440A:n Käyttöpaneeli

Taulukosta 1 nähdään HBM-440:n häiriöt.

**Taulukko 1. HBM-440A:n virheilmoitukset**

Virhe	Virhekoodi	Esiintyvyys
Teräriikko	9	3
Liian vähän jäähdytysnestettä koneessa	13	2
Automaatiikan käynnistys välinvaihtolauseella	18	1
Vika materiaalin siirrossa	20	4
Kiinnityspuristin ei täysin auki	24	4
Häiriö makasiinin valokennossa	25	1
Vika materiaalin takaisinajossa	31	1
Väärä materiaalileveys	32	8
Jäännöspalavarasto täynnä	58	3
Poistopihti ei perusasemassa	61	5
Poistopihti lukittuna	62	3
Vika materiaalin siirrossa	66	5
Poissiirtäjä ei perusasemassa	70	1
Törmäysvaara	110	1
Hätä - Seis pulpetti A	137	8
Moottorisuojakytkin syöttöpuolen poikkisiirrossa	155	1
Taajuusmuuttaja ei valmiina	201	1

Mittausajankohdalta havaittiin useita eri virheitä. Eniten toiminnan seisokkeja aiheuttivat neljä pääasiallista syytä, jotka ovat merkittynä taulukkoon oranssilla. ”Hätä-seis pulpetti A” tarkoittaa sitä, että valoverhon asettamien rajojen sisäpuolelle on kävelty. Valoverhojen sisään menemisen syynä on yleensä siellä olevien lavojen poistaminen, joihin valmiit tuotteet tulevat.

Sahaajan on mahdollista käydä rajojen sisäpuolella poistamassa lava ja kuittaamassa alue tyhjäksi ilman sahauksen pysähtymistä. Jos sahaus on aloitettu ja valoverhoon

kävellään, kone sallii terän liikkeen, kunnes kappale on poikki. Kaikki muu liike, esimerkiksi leukojen avautuminen ja kappaleen siirtämiseen tarkoitetut liikkeet jäävät odotustilaan. On siis mahdollista käydä poistamassa lava sahauksen alettua ja kuitata alue tyhjäksi häiritsemättä automaattista prosessia, jos sen kerkeää tekemään sahauksen aikana.

Toisella sahalla, HBA-660AU:lla on sekä lokin ja sahaajien kertoman mukaan vain yksi pääasiallinen häiriösy: ”Moottorisuojakatkaisijahäiriö”, johon liittyy raskaan kappaleen siirto sahausmittaan. Pysähdys johtuu sahan moottorin hetkellisestä liian suuresta kuormituksesta, joka aiheuttaa moottorisuojan laukeamisen. Havaintojen mukaan kappale on toisinaan oikeaan mittaan työnnettynä ennen pysäytystä ja toisinaan ei.

## 5 Vaihtoehtojen tarkastelu ja valinta

### 5.1 Seurantamenetelmien läpikäynti

Seurantamenetelmää kehittäessä on syytä miettiä, mikä olisi toimintavarmin ja paras ratkaisu. On mietittävä, mistä virheet johtuvat ja miten niitä voisi havaita. Havainnoinnin on oltava mahdollisimman tehokasta ja monipuolista. Sen ei tulisi keskittyä vain yhden nimetyn häiriön tunnistamiseen, vaan on mietittävä, voisiko yksi elin yhdessä muiden elimien kanssa tunnistaa muitakin virhetiloja.

### 5.2 Kohdennettu seuranta

Yksi vaihtoehto olisi hyödyntää kerättyä häiriödataa ja räätälöidä seurantamenetelmät sille sopiviksi. Kerätystä datasta seulottaisiin yleisimmät syyt ja kehitettäisiin niille omat seurantamenetelmät. Tämä strategia olisi hyvä lukemaan vain tiettyjä virheitä ja olisi todennäköisesti luotettava, mutta tällöin mikä tahansa tunnistuskriteereiden ulkopuolelle jäävä häiriö jäisi huomaamatta.

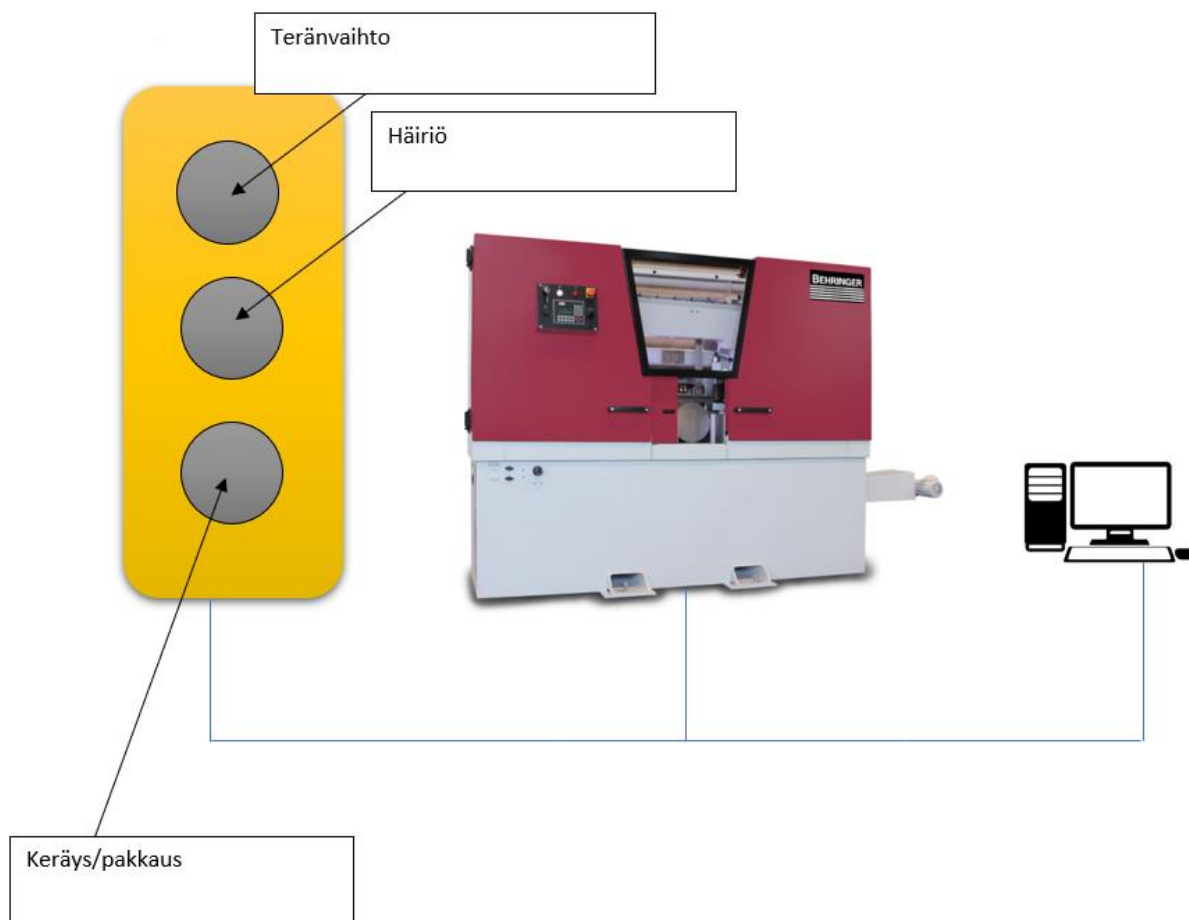
### 5.3 Suora sanomaliikenne

Toisena vaihtoehtona olisi käyttää suoraa sanomaliikennettä sahalta Mtrackiin. Sahan käyttöliittymän viestit siirrettäisiin häiriösignaaleina Mtrackille ja syykoodiksi muodostuisi sahan kirjoittama viesti. Häiriöt tallentuisivat, ja niitä voisi käyttää tulevaisuudessa kunnossapitotoimenpiteiden luomiseen. Toistuvimpiin häiriöihin kehiteltäisiin toimivia ratkaisuja, mikä puolestaan parantaisi sahan käyttöastetta. Häiriöitä voitaisiin luokitella paremmin ja selvittää, mitkä niistä olisivat ehkäistävissä sahan vastuullisella päivittäiskäytöllä ja puhdistuksella. Menetelmä on paljon monimutkaisempi ja varmuutta ei ole, pystytäänkö sitä hoitamaan ilman suurempia järjestelmämuutoksia.

Tätä vaihtoehtoa alettiin purkamaan miettimällä, miten sahan käyttöliittymän viestit saataisiin liitettyä Mtrackiin. Oli selvitettävä, ovatko sahat ylipäänsä yhteistyökykyisiä PC-ohjelmistojen kanssa. Asiasta käytiin valmistajan kanssa sähköpostikeskustelua, jossa selvisi, että ”ohjauspäätettä ei ole suunniteltu siihen, että logeja, virheilmoituksia tai sahausparametreja saataisiin sahasta ulos”. Ainoastaan yksittäisten antureiden tilatietoja voitiin välittää PLC:lle, joka tukee toisenlaisen lähestymistavan käyttämistä.

### 5.4 Sahaajan ilmoitus

Viimeisenä vaihtoehtona voitaisiin käyttää sahaajan osallistumista vaativaa mallia. Tässä mallissa odotusajat kuitattaisiin sahaajan toimesta. HMB-440A:lle sijoitettaisiin paneeli, jossa on tarkoituksenmukaiset napit ilmoituksen tekemiselle (kuva 14). Esimerkiksi teränvaihdon aikana sahaaja kuittaa ”Teränvaihto”- asennon päälle, jolloin informaatio kulkee suoraan signaalista Mtrackille.



Kuva 14. Kaavio sahaajan käyttöpaneelistä

Tämä vaihtoehto on käytännönläheinen, mutta sen rajoituksina on tiedon vähäisyys. Toisaalta tällä mallilla sahaaja voi itse viestiä, mihin työstämätön aika on kulunut. Tällä ei suinkaan ole tarkoitus selitellä syitä, miksi sahaa ei käytetä täydellä teholla, vaan saada yleistä informaatiota ajan kulumisesta valitulla hetkellä. Tätä tietoa käytetään sahan jokaisen osa-alueen arviointiin. Esimerkiksi siihen, että onko sahan sijainti laitoksessa järkevä suhteessa materiaalin sijaintiin? Esimerkiksi, jos saha ei pysy käynnissä sen vuoksi, että sahaaja joutuu käyttämään suurimman osan ajasta keräilyyn, on se selkeä viesti siitä, että haettavat materiaalit ovat joko liian kaukana tai hankalasti saatavilla. Joka tapauksessa sahaaja saa täten kuitattua syykoodipohjat valmiiksi Mtrackille.

## 5.5 Vaihtoehtojen valinta

Valitaan kolmas vaihtoehto eli sahaajan ilmoitus. Kappaleessa 6 suoritetaan teoreettinen käyttöönotto uudelle järjestelmälle ja eritellään sen vaiheet suunnitelmiseen.

# 6 Käyttöönotto

## 6.1 Käyttöönottoon valmistautuminen

Asennustoimenpiteiden arvioitu kesto on yksi päivä, mutta siihen on kuitenkin varattava hiukan pelivaraa. On siis tehtävä suunnitelma maksimissaan kahden päivän huoltokatkolle ja mietittävä sahattavien nimikkeiden reititys. Katsotaan tilauskannasta asennusajankohdalla olevat tilaukset ja laaditaan ehdotus korvaavasta sahauspaikasta. Toisena vaihtoehtona on tehdä tilaukset etukäteen, mikä on helpompaa kun kyseessä on vain yksi tai kaksi päivää.

Valmistautumiseen liittyy myös sahaosaston työntekijöiden informoiminen hyvissä ajoin. Heidän kanssaan on käytävä läpi sahattavat nimikkeet asennusajankohdalla ja kerrottava aikeista tehdä ne joko muualla tai etukäteen. Asennusajankohdalla sahattavat nimikkeet kerätään valmiiksi ja ne sahataan muiden töiden ohella kiireellisyysjärjestyksessä. Tavoitteena on, että etukäteen sahattavat rivit eivät aiheuta myöhästymisiä senhetkisissä tilauksissa.

## 6.2 Käyttöönottoon liittyvät riskit

Asennuksen ajaksi on varauduttava erilaisiin riskeihin, joita eritellään taulukossa 2.



Taulukko 2. Riskit ja tarvittavat toimenpiteet

Riski	Toimenpide
Asennus kestää suunniteltua pidempään.	Varaudutaan sahausten osalta siten, että tavoiteasennusaikaan lisätään yksi työpäivä.
Sahattavia ei saada tehtyä etukäteen.	Reititetään tilaukset toisille sahoille tasaisesti.
Asennuksen jälkeiset virheet järjestelmässä.	Informoidaan asennuttaja, että tämä on valmistautunut jälkikorjauksille lyhyellä varoitusajalla.

### 6.3 Käyttöönoton vaiheet

Kun suunniteltu ajankohta on valittu, tarkastetaan sen viikon ajoitetut sahaukset. Sahauksien lukumäärän perusteella katsotaan, kyetäänkö ne tekemään ennakkoon vai ohjataanko tilaukset muille sahoille. Näin tilaukset saadaan hoidettua joustavasti ilman myöhästymisiä.

Asennuksen aikana sahaosaston muut sahat voivat toimia tavalliseen tapaan, sillä asennukset rajoittuvat pelkästään sahan sähköisiin toimiin, tarkoittaen sitä, että nosturit ja kulkureitit ovat vapaasti käytössä koko asennuksen ajan. Tarvittavilta antureilta eli terän pyörimistä valvovalta anturilta otetaan signaali ja liitetään se logiikkaan. Logiikassa on nyt yksi uusi tulo, joka on luettavissa ja käytettävissä Mtrackia varten.

Sähköasennusten jälkeen konfiguroidaan Mtrack-tiedostot uusiksi vastaamaan nykyisiä kytkentöjä.

Asennusten ja konfigurointien jälkeen suoritetaan testaus sahaamalla testikappaleita, joiden aikana saha pysäytetään manuaalisesti ja automaattisesti ja katsotaan Mtrackista, vastaako sovellukseen näkyvä tila tuotannon oikeaa tilaa. Simuloidaan eri häiriöitä esimerkiksi valoverhoon kävelemisellä. On lisäksi testattava normaalisti päättyvän sahausohjelman antama senhetkinen vallitseva tuotannon tila. Tilauksen tultua valmiiksi ei tulisi antaa virhettä vaan "Odetus"-tilaa näyttävä väri.

## 7 Huomioitavat tarpeet tulevissa sahainvestoinneissa

Tulevaisuutta ajatellen sahainvestoinneissa korostuvat entistä enemmän ERP-järjestelmät. Laitteiden tulee kyetä antamaan riittävän tarkkoja arvioita läpimenoajoista erilaisille nimikkeille. Kaikki tämä helpottaa ja optimoi tuotannonsuunnittelua, siksi tulevat sahat tulisi asennuttaa siten, että sahausparametrit häiriödataa myöten ovat riittävän tarkkoja.

Tällä hetkellä käytössä on vain muutama saha, joihin työt voidaan reitittää sähköisesti. Tarkoituksena on, että vanhoja sahoja uusitaan yksi kerrallaan ja jokaiseen saataisiin sähköinen reititys. Sahoissa, joissa uudistukset ovat jo olemassa, on sähköisen tilauksen siirtämisessä etuna vain se, että käyttäjän näppäilyvirheet saadaan eliminoidua. Potentiaalia on enempäänkin. Erään valmistajan kanssa käyty keskustelu osoitti, että on mahdollista kehittää AI-malli, joka kerää tietoa sahatuista nimikkeistä, niiden sahaus- ja tilausajoista, ja siten oppii muuttamaan ja kehittämään ennestään laskettuja arvoja. Tämä ennakoiva malli tulisi ottaa käyttöön jokaisessa uudessa sahassa.

Valmistajia on painostettava entistä enemmän parametrien avoimuuteen yrityksen sisäistä tiedonhallintaa varten. Yrityksen omien etujen mukaista ei ole se, että jokaisen pienenkin muutoksen tekemiseen tarvitaan soitto valmistajalle ja siitä seuraava mahdollinen odotus, että kysymyksiin saadaan vastauksia. Sen sijaan, on voitava tehdä itse pikaisia muutoksia tarpeen vaatiessa edellyttäen, että muutoksen tekijä on valtuutettu.

Yrityksen sisällä tehdyt itsenäiset dataprojektit helpottavat sahojen mitoituksissa ja käyttötarkoituksien määrittämisessä. Riittävän tarkat parametrit esimerkiksi sahaus- ja läpimenoajoista antavat vapaat kädet uuden suunnitteluun. Tiedon pohjalta tilausten reititysten määrittäminen helpottuu, kun pystytään katsomaan sahattavalle tavaralle optimaalisin saha tai saharyhmä.

Erityisen tärkeitä asioita ovat sahauksen ympärillä tapahtuvat työvaiheet. Kappaleille on tehtävä muutakin kuin pelkkä katko, esimerkiksi materiaalista ja sen tyypistä riippuen reunojen harjaus tai puhallus. Nämä työvaiheet tulee tehdä hidastamatta sahan päätoimintaa, eli katkaisua. Oheistoimenpiteet on suoritettava siinä välissä, kun sahan

leuat siirtävät kappaletta sahausmittaan tai, kun kappaletta sahataan. On huomioitava, kuinka monta mahdollista oheisvaihetta on milläkin materiaalityypillä ja kuinka montaa niistä pitää käyttää minkäkin asiakkaan kohdalla. Näistä saadut arviot voidaan opettaa sahalle, mikä lisää tarkkuutta todellisia sahausaikoja arvioitaessa.

## 8 Yhteenveto ja päätelmät

Tässä insinööriyössä tutkittiin sahojen häiriöseuranta ja tuotannon tehokkuuden yhteisiä tekijöitä. Työn ensisijaisena tavoitteena oli kehittää olemassaolevia häiriöseurantamenetelmiä. Työhön kuului tutkia nykyisiä menetelmiä ja kehittää niiden pohjalta vaihtoehtoinen ratkaisu ja puuttua vallitseviin epäkohtiin. Työssä ei päästy toteuttamaan ideoita käytännön tasolla ajan ja resurssien puitteissa, mutta onnistuttiin tutkitun pohjalta luomaan ehdotus sekä malli häiriöseurannan parantamiseksi. Edellisen toiminnan korvikkeeksi suoritettiin teoreettinen käyttöönotto, johon kuului riskiarviointi, asennusvalmistelut ja sen aikataulutus. Tavoitteisiin päästiin näin ollen osittain.

Tulevissa sahoissa häiriöseurannan tulisi olla paremmin integroitu sanomaliikenteen osalta. Nykyään ERP-järjestelmien tärkeys korostuu, ja mitä paremmin kalusto ja sen osa-alueet integroidaan tähän järjestelmään, sitä helpompaa on tuotannon optimointi, tehokkuuden ja kannattavuuden lisääminen.

Työ oli yhtä kaikki opettava ja avartava kokemus järjestelmistä, jotka toimivat hallintatyökalujen takana.

## Lähteet

1. Baines, Anna. (1997) "Productivity improvement". Work Study. [Verkkolehti] Vol. 46, s. 49 – 51.  
<https://doi.org.ezproxy.metropolia.fi/10.1108/00438029710162854> [Viitattu 20.3.2019]
2. Polarputki. (2006) "Sahojen tehokkuusseuranta". Koulutusmateriaali.S. 1-5
3. Aspinwall, Elaine & Elgharib, Maged. (2013) "TPM implementation in large and medium size organisations". [Verkkolehti]. Journal of Manufacturing Technology Management. Vol. 24, s. 688 – 710. <https://doi-org.ezproxy.metropolia.fi/10.1108/17410381311327972> [Viitattu 20.3.2019].
4. Singh, Jagdeep, Singh, Harwinder & Sharma, Vinayak, (2018) "Success of TPM concept in a manufacturing unit – a case study". [Verkkolehti]. International Journal of Productivity and Performance Management. Vol. 67, s. 536 - 549. <https://doi-org.ezproxy.metropolia.fi/10.1108/IJPPM-01-2017-0003> [Viitattu 20.3.2019].
5. Cheng, Lang Jung. (2018) "Implementing Six Sigma within Kaizen events, the experience of AIDC in Taiwan". [Verkkolehti]. The TQM Journal, Vol. 30, s. 43 - 53. <https://doi-org.ezproxy.metropolia.fi/10.1108/TQM-02-2017-0017> [Viitattu 29.3.2019].
6. de Castro He'lio Fiori & Cavalca Katia Lucchesi. (2003) "Availability optimization with genetic algorithm". [Verkkolehti]. International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 20, s. 847 - 863. <https://doi-org.ezproxy.metropolia.fi/10.1108/02656710310491258> [Viitattu 28.3.2019].
7. Sopanen Markus. (2015) "Teräspalvelukeskuksen layoutin ja materiaalivirtojen kehittäminen". Diplomityö. Aalto-yliopisto.
8. Polarputki. (2019) "Pyöröteräkset" [Verkkosivu]. <https://www.polarputki.fi/pyoroterakset/> [Viitattu 9.4.2019]

